

# FLOCULAÇÃO DE FINOS DE FLUORITA COM A BACTÉRIA *Corynebacterium xerosis*<sup>(01)</sup>

Sandra Regina Haas<sup>(02)</sup>  
Ivo André H. Schneider<sup>(03)</sup>

## RESUMO

O tratamento de partículas finas dispersas em líquidos é comum em diversas indústrias e especialmente importante no processamento de minérios. A eficiência de muitas operações de separação sólido-líquido, como a filtração e a sedimentação, pode ser aumentada com a floculação. O objetivo deste trabalho foi estudar a floculação de partículas de fluorita com a bactéria *Corynebacterium xerosis*. A metodologia empregada para avaliar a floculação incluiu experimentos de floculação, microeletroforese e microscopia ótica. Os resultados demonstraram que a bactéria se adere na superfície da fluorita, promovendo a agregação das partículas. Flocos de alta qualidade podem ser obtidos em pH 7,0 a uma concentração de microorganismos de 40 mg/l. Os resultados são discutidos em termos das propriedades superficiais do mineral e do microorganismo.

Palavras-chave: floculação, fluorita, *Corynebacterium xerosis*

---

(01) Trabalho a ser apresentado no XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tecnologia Mineral, Águas de São Pedro - SP, 23 a 26 de agosto de 1998.

(02) Bióloga, Bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo.

(03) Engenheiro de Minas, Doutor em Metalurgia Extrativa, Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo.

## INTRODUÇÃO

O tratamento de polpas contendo partículas finas dispersas é comum em diversas indústrias e especialmente importante no processamento de minérios. A eficiência de diferentes operações de separação sólido-líquido, como o espessamento e a filtração, pode ser substancialmente aumentada através da agregação das partículas.

Os métodos clássicos empregados na agregação e sedimentação de partículas sólidas finamente divididas são o ajuste de pH, o aumento da força iônica, a adição de coagulantes inorgânicos (como sais de alumínio e ferro) e a utilização de polímeros flocculantes. Os polímeros sintéticos mais utilizados são as poliacrilamidas, o polióxido de etileno e as poliamidas (KITCHENER, 1978; SOMASUNDARAN, 1980).

Pesquisas no campo da floculação têm sido dirigidas no sentido do emprego de microorganismos como agentes flocculantes. Muitos microorganismos se aderem em superfícies sólidas, possibilitando a formação de pontes e promovendo a agregação das partículas minerais. Estudos nesse sentido já foram conduzidos com a bactéria *Mycobacterium phlei* (SMITH e MISRA, 1991; DÜBEL *et al.*, 1992) e com a levedura *Candida parapsilosis* (SCHNEIDER *et al.*, 1994a, SCHNEIDER *et al.*, 1994b). Entretanto, a floculação com esses microorganismos não se mostra competitiva com os polímeros sintéticos de cadeia longa existentes no comércio. A qualidade dos flocos é baixa e a concentração de células necessária para a agregação das partículas é bastante elevada (SCHNEIDER, *et al.*, 1996).

Estudo mais recentes realizados na Universidade de Passo Fundo - RS, envolvendo diferentes microorganismos e diferentes minerais, indicaram que a bactéria *Corynebacterium xerosis* promove eficientemente a floculação do mineral fluorita. A qualidade dos flocos obtida foi de alto grau e a concentração de células necessária para a floculação não tão alta, despertando o interesse para estudos mais detalhados.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a floculação de partículas de fluorita com a bactéria *Corynebacterium xerosis*. A metodologia empregada para avaliar a floculação incluiu experimentos de floculação, microeletroforese e microscopia ótica. Os resultados são discutidos em termos das propriedades superficiais do mineral e do microorganismo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Fluorita

Cristais de fluorita foram fornecidos por um empresa de mineração localizada no Município de Criciúma - Santa Catarina. A amostra foi cominuída a seco em um moinho de porcelana para granulometria inferior a 38  $\mu\text{m}$ .

### Microorganismo

A bactéria *Corynebacterium xerosis* foi obtida da coleção de microorganismos da "Carolina Biological Supply Company" - EUA. A bactéria foi crescida em Erlenmeyers de 250 ml em uma incubadora de agitação orbital. O meio de cultura empregado foi o Caldo Nutriente, preparado a uma concentração de 8 g/l. A

temperatura de incubação foi mantida constante em 37°C. A curva de crescimento da bactéria está apresentada na Figura 1.

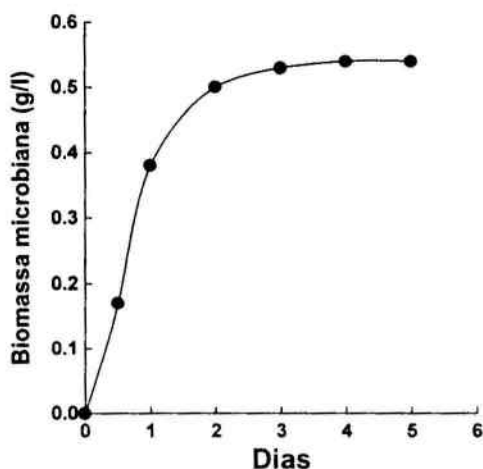


Figura 1 - Curva de crescimento da bactéria *Corynebacterium xerosis* em caldo nutriente (8 g/l) e temperatura de 37°C.

Após atingir a fase estacionária de crescimento, as células foram centrifugadas e lavadas 2 vezes com água destilada. As células foram novamente suspensas em uma pequena fração de água e adicionadas na suspensão de partículas minerais para os estudos de floculação.

### Experimentos de floculação

Os ensaios de floculação foram realizados em um aparelho de "Jar-Test" dimensionado conforme a Técnica Construtiva Cetesb L 5006. Inicialmente, a polpa contendo 1% de fluorita (massa/volume) foi agitada por um período de 10 min para promover a dispersão das partículas. Corrigiu-se o pH do meio e adicionou-se os microorganismos. A agitação rápida foi mantida ainda por um período de 2 min para promover a completa interação do biorreagente com o meio. Após, baixou-se a rotação, permitindo a formação dos flocos por um período de 2 min. O tempo de sedimentação foi medido após a interrupção da agitação. As amostras foram coletadas a 10 cm abaixo da superfície da água.

A eficiência da floculação foi avaliada pelos seguintes parâmetros:

- análise visual da qualidade dos flocos a olho nu e por microscopia ótica;
- turbidez residual medida em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU);
- remoção de sólidos suspensos da água.

A equação empregada no cálculo da remoção de sólidos suspensos foi:

$$\text{Remoção (\%)} = 100 \cdot \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

onde:  $C_i$  = concentração inicial de sólidos 10 cm abaixo da superfície da água  
 $C_f$  = concentração de sólidos 10 cm abaixo da superfície após 1 min. de sedimentação

### Medidas do potencial zeta

As propriedades eletroforéticas da fluorita e da bactéria *C. xerosis* foram medidas em função do pH em um Zetameter da Rank Brother modelo LTD com a célula retangular. As medidas foram realizadas a uma força iônica de  $1 \times 10^{-3}$  M  $\text{NaNO}_3$ . O pH final do meio foi ajustado com  $\text{NaOH}$  e  $\text{HNO}_3$ . Realizou-se no mínimo 20 leituras em cada pH. O potencial zeta foi calculado através da equação de Smoluchowski (HUNTER, 1981).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floculação das partículas de fluorita pela adição da bactéria *C. xerosis* na polpa pode ser observada nas fotografias obtidas por microscopia ótica (Figura 2). Observa-se que as partículas encontram-se dispersas na suspensão na qual as bactérias estão ausentes e agregadas na qual as bactérias estão presentes.

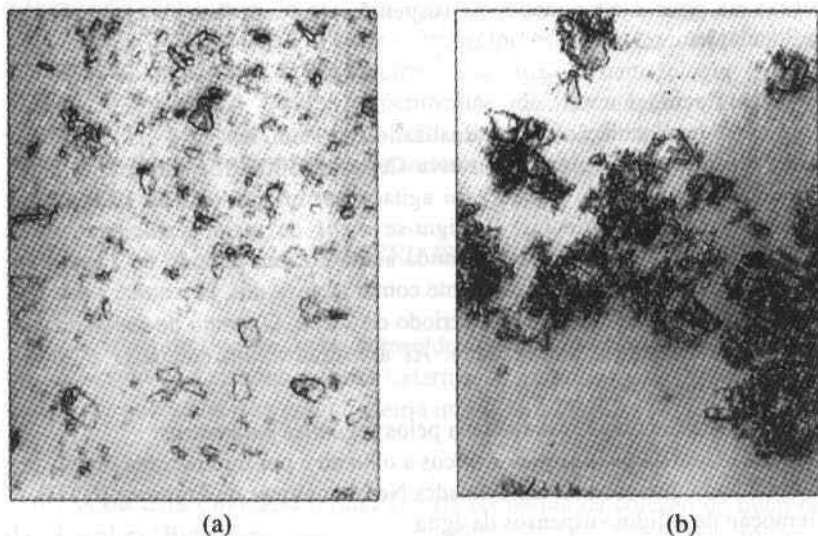


Figura 2 - Partículas de fluorita ao microscópio ótico, aumento de 100 x:  
(a) não floculadas e (b) floculadas com a *Corynebacterium xerosis*.

A agregação das partículas com o microorganismo permite uma rápida remoção dos sólidos suspensos da polpa e a redução da turbidez residual (Figuras 3 e 4). A remoção de quase 100% dos sólidos suspensos se dá em menos de 1 min de sedimentação. A turbidez residual diminui de 100 NTU para cerca de 20 NTU.

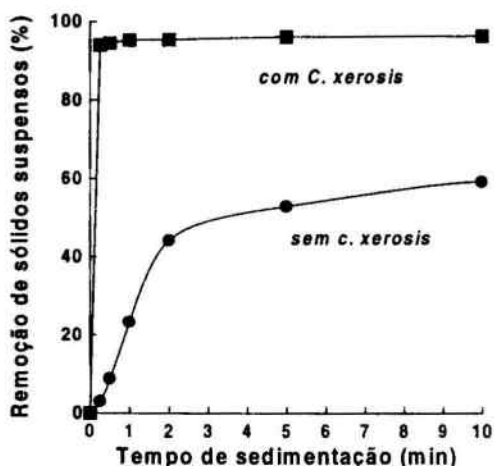


Figura 3 – Remoção de sólidos suspensos em função do tempo de sedimentação com a bactéria *C. xerosis*. (40 mg/l) e sem a bactéria em pH 7,0 +/- 0,2.

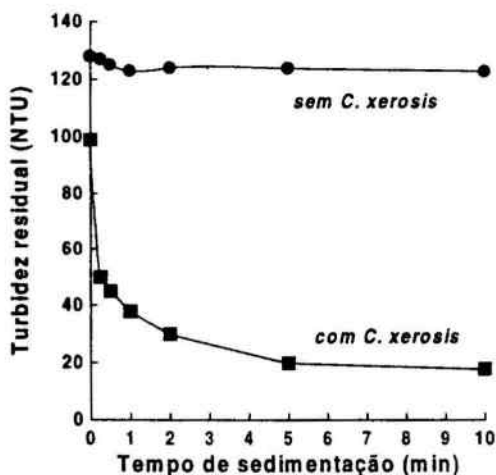


Figura 4 – Turbidez residual em função do tempo de sedimentação com a bactéria *C. xerosis* (40 mg/l) e sem a bactéria em pH 7,0 +/- 0,2.

A Figura 5 apresenta o efeito da concentração de bactérias na remoção da fluorita suspensa. Observa-se que na dosagem de 20 mg/l, em base seca, já se verifica a floculação das partículas, sendo que a máxima qualidade dos flocos é obtida a partir de 40 mg/l. Estes resultados demonstram que a dosagem de *C. xerosis* para a floculação de fluorita é substancialmente menor do que as dosagens requeridas para floculação com os outros microorganismos reportados na literatura. Por exemplo, para a floculação de hematita com as células inteiras da *C. parapsilosis* é necessário cerca de 50 kg/t do biorreagente (SCHNEIDER *et al.*, 1994a), enquanto que na floculação da fluorita com a *C. xerosis* é necessário somente 4 kg/t. Mesmo assim, a dosagem requerida ainda é maior do que a aplicada na floculação com polímeros sintéticos de cadeia longa. Em condições semelhantes de floculação, basta 0,5 kg/t de uma poliácridamida aniônica de alto peso molecular.

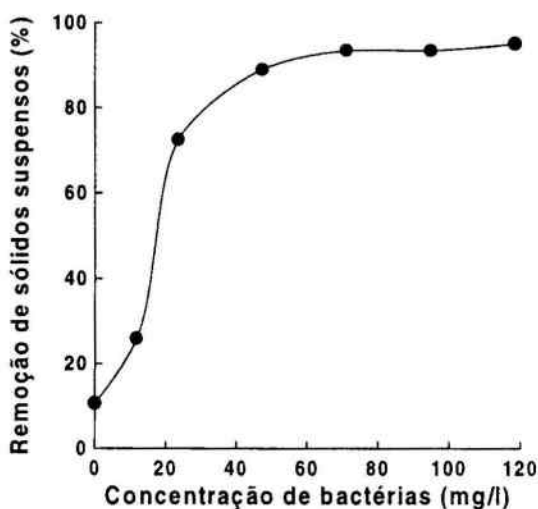


Figura 5 – Efeito da concentração de *C. xerosis* na floculação de finos de fluorita (tempo de sedimentação de 1 min, pH 7,0 +/- 0,2).

A Figura 6 apresenta os resultados de remoção de sólidos suspensos em função do pH com as células da *C. xerosis*. A floculação ocorreu entre pH 4,0 e 9,0, sendo que a maior remoção de sólidos suspensos e clarificação ocorreu em pH próximo a 7,0. O melhor desempenho em pH 7,0 pode estar associado à elevada carga superficial positiva da fluorita (aproximadamente 50 mV) e a alta carga negativa da bactéria (cerca de - 40 mV) neste pH (Figura 7). Entretanto, não se deve descartar um possível efeito de uma interação específica entre o microorganismo e a fluorita, pois outras bactérias com propriedades eletrocínéticas semelhantes não promoveram a floculação da fluorita.

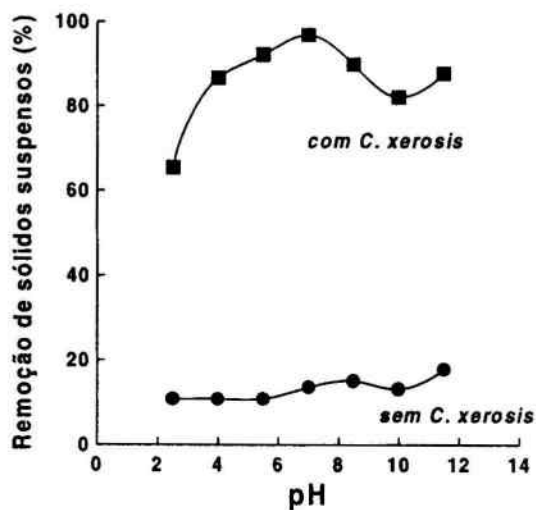


Figura 6 - Efeito do pH na floculação da fluorita com a bactéria *C. xerosis* (40 mg/l) (tempo de sedimentação de 1 min).

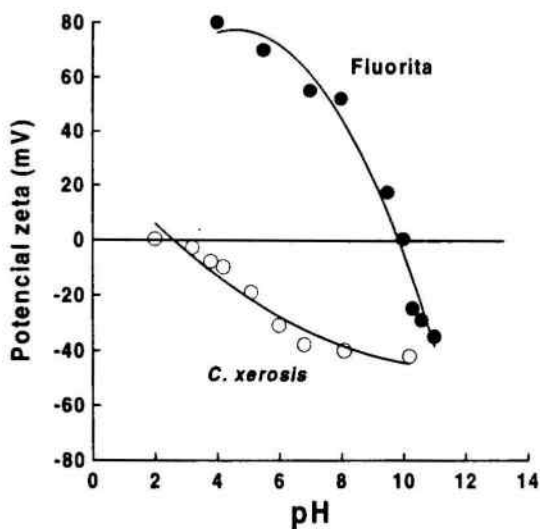


Figura 7 - Potencial zeta da fluorita e da *Corynebacterium xerosis* em função do pH.

Por fim, é importante enfatizar que futuros estudos são necessários para tornar os biofloculantes competitivos com os polímeros sintéticos. Sugere-se as seguintes

linhas: (a) isolar microorganismos com alto poder de adesão à superfícies minerais; (b) investigar as propriedades superficiais dos microorganismos e os mecanismos envolvidos na adesão em minerais (c) desenvolver procedimentos para isolar e identificar a fração bioquímica responsável pela biofloculação; (d) realizar estudos em biorreatores para a produção em larga escala dos biorreagentes.

## CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho são:

- As células da bactéria *Corynebacterium xerosis* se aderem às partículas de fluorita, promovendo a floculação das partículas e uma alta clarificação do meio aquoso.

- A concentração necessária de bactérias para a floculação, nas condições empregadas neste trabalho, é de 40 mg/l ou 4 kg/t. A floculação ocorre na faixa de pH entre 4,0 e 9,0, sendo ótimo o pH 7,0.

- Há um enorme campo para a aplicação de microorganismos como reagentes para a indústria mineral. Futuros estudos são necessários para torná-los competitivos com os reagentes atualmente empregados.

## AGRADECIMENTOS

O autores são gratos à Fapergs (processo 96/1789.5) e ao CNPq (processo 521968/96-8) pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento da presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÜBEL, J.; SMITH, R.W.; MISRA, M.; CHEN, S. Microorganisms as chemical reagents: the hematite system, **Minerals Engineering**, v.5, n.3-5, p.574-556, 1992.
- HUNTER, R.J. **Zeta potential in colloid science**. London: Academic Press, 1981. 386p.
- KITCHENER, J.A. Flocculation in mineral processing. In: Ives, K. J. (Ed.) **The Scientific Basis of Flocculation**. Netherlands, Alphen aan den Rijn: Sijthoff & Noordhoff, p.283-328, 1978.
- SCHNEIDER, I.A.H.; MISRA, M. SMITH, R. W. Biofloculation of hematite suspensions with products from yeast cell rupture. **Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing**, v. 4, p.248-252, 1994a.



- SCHNEIDER, I.A.H.; MISRA, M. SMITH, R.W. Bioflocculation of fine mineral suspensions by *Candida parapsilosis* and its sonication products. In: **Reagents for Better Metallurgy**. SME, p.293-301, 1994b.
- SCHNEIDER, I.A.H.; RAICHUR, A.; MISRA, M.; SMITH, R.W. Biofloculação de partículas minerais finas. In: IV CONGRESSO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 1996, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. vol. esp., p.536-542.
- SMITH, R.W.; MISRA, M. Bacterial flocculation of phosphate wastes using a hydrophobic bacterium. In: Smith, R. W.; Misra, M. (Eds.) **Mineral Bioprocessing**. Warrendale: TMS, p.747-756, 1991.
- SOMASUNDARAN, P. Principles of flocculation, dispersion, and selective flocculation. In: Somasundaran, P. (Ed.) **Fine Particles Processing**. New York: AIME, p.947-976, 1980.

## FLOCCULATION OF FLUORITE PARTICLES WITH *Corynebacterium xerosis*

Sandra Regina Haas  
Ivo André H. Schneider

### ABSTRACT

Treatment of fine particles dispersed in liquids are common in several industries and specially important in mineral processing. The efficiency of different operations of dewatering, like thickening and filtration, can be substantially increased by flocculation. The aim of this work was to study the flocculation of fine fluorite particles with the bacteria *Corynebacterium xerosis*. The experimentation used to evaluate the flocculation included actual flocculation tests, microelectrophoresis measurements and optical microscopy. The results showed that the microorganisms adhere to the fluorite surfaces promoting the aggregation of the particles. High quality flocs can be obtained in a cell concentration of 40 mg/l and at pH 7.0. An attempt is made to relate the flocculation behavior to the surface characteristics of the mineral and of the microorganism.

Key-words: flocculation, fluorite, *Corynebacterium xerosis*